

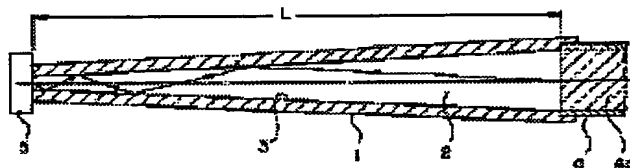
# COUPLING STRUCTURE BETWEEN OPTICAL FIBER AND LIGHT RECEIVER ELEMENT

**Patent number:** JP10221573  
**Publication date:** 1998-08-21  
**Inventor:** KOIKE YASUHIRO; KOSHIBE SHIGERU  
**Applicant:** KOIKE YASUHIRO  
**Classification:**  
- **International:** G02B6/42; G02B6/26  
- **European:**  
**Application number:** JP19970026670 19970210  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP10221573

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To minimize the coupling loss even in a case of an optical fiber having a large core diameter by interposing an optical guide body, which has an optical guide path surrounded with a reflecting surface of high reflectivity, between the optical fiber and the light receiver element.

**SOLUTION:** An optical guide body 1 is formed into a tapered, hollow, cylindrical shape getting narrower toward the tip using, for example, a metal material and a plastic material. The internal circumferential face for surrounding an optical guide path 2 therein is turned into a silver surfacing by being treated its surface by silver and aluminium so as to become a reflecting surface 3 having high reflectivity. This optical guide body 1 is closely interposed between an optical fiber 4 and an light receiver element 5. That is to say, the large-diameter side of the optical guide path 2 is brought in close contact with an outgoing end of the optical fiber 4 and the small-diameter side of the optical guide path 2 is brought in close contact with the light receiver surface of the light receiver element 5 so as to be interposed between the optical fiber 4 and the light receiver element 5. The light outgoing from the optical fiber 4 is incident in the optical guide path 2 of the optical guide body 1 and in the optical guide path 2, the light is collectively guided to the light receiver element 5 by repetition of the reflection of the reflecting surface 3 having high reflectivity.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-221573

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月21日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 B 6/42  
6/26

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42  
6/26

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-26670

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月10日

(71) 出願人 591061046

小池 康博

神奈川県横浜市青葉区市ヶ尾町534の23

(72) 発明者 小池 康博

神奈川県横浜市青葉区市ヶ尾町534の23

(72) 発明者 越部 茂

神奈川県横浜市港北区富士塚2丁目28番22号

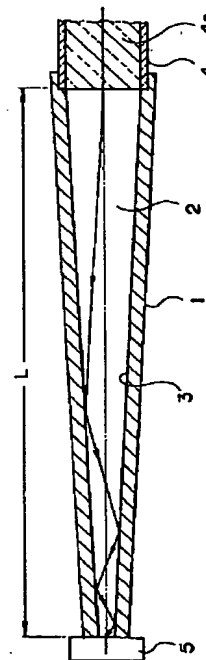
(74) 代理人 弁理士 高月 猛

(54) 【発明の名称】 光ファイバと受光素子との結合構造

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバと受光素子との光学的結合構造について、プラスチック光ファイバのように大きなコア径を持つ光ファイバの場合でも結合損失を小さくできるようにし、また構造の簡易化を図る。

【解決手段】 高反射性の反射面3で囲まれた導光路2を有する導光体1を光ファイバ4と受光素子5との間に介在させ、光ファイバから射出する信号光をこの導光体にて受光素子の受光面まで導光することで光ファイバと受光素子との光学的結合をなすようにしている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバと受光素子とを光学的に結合する結合構造において、高反射性の反射面で囲まれた導光路を有する導光体を光ファイバと受光素子との間に介在させ、光ファイバから射出する信号光をこの導光体にて受光素子の受光面まで導光することで光ファイバと受光素子との光学的結合をなすようにしたことを特徴とする結合構造。

【請求項2】 光ファイバのコアのサイズが受光素子の受光面のサイズより大きい請求項1に記載の結合構造であって、光ファイバ側から受光素子側に向けて先細りとなる導光路を有する導光体を用いた結合構造。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバと受光素子との光学的な結合構造に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバを用いた光通信システムは、光ファイバによる信号光伝送路の一端側に送信系を備え、また他端側に受信系を備えている。送信系は、例えばLEDや半導体レーザなどの発光源を備えており、この発光源を制御して発光させた信号光を光ファイバに入射させる。一方受信系は、例えばフォトダイオードなどの受光素子を備えており、光ファイバで伝送されてその射出端より射出した信号光をこの受光素子が受光して電気信号に変換するなどする。

【0003】このような光通信システムにおける通信性能は信号光の伝送効率に大きく影響される。そして信号光の伝送効率は、光ファイバ自体の伝送効率の影響を受けることは勿論として、発光源からの信号光の光ファイバへの入射効率や光ファイバから射出した信号光の受光素子への入射効率にも大きく影響される。

【0004】従来の光通信システムにおける受信系は、図4に模式化して示すような構造を有している。図に見られるように、光ファイバFの射出端と受光素子Dの間にレンズLが設けられている。そして光ファイバFのコアFcの射出端からある放射角をもって射出した信号光はレンズLにより集光されて受光素子Dの受光面に入射する。

【0005】このような送信系における光ファイバと受光素子との光学的な結合構造は、コアがマイクロメートルオーダーの太さである石英ファイバー用として広く用いられているものであり、石英ファイバーについてはそれなりの性能を実現している。しかし結合にレンズが介在することから、このレンズの界面反射の影響により結合損失が50%程度にも達し、結合効率が低いという欠点がある。そしてレンズの介在による結合効率低下の問題は、光ファイバとしてミリメートルオーダーのコア径が一般的であるプラスチック光ファイバを用いる場合に、さらに悪化する。すなわち一般的な受光素子の受光

径は100 $\mu$ m程度である。このため、これよりコア径の細い光ファイバの場合であれば問題ないが、例えば0.5mmのコア径を持つプラスチック光ファイバの場合には、光源サイズより小さなサイズに集光できないというレンズの特性からして、ファイバから射出した信号光を受光素子の受光径の範囲内に集光することができないことから、結合効率が大幅に悪化する。

【0006】またレンズを用いる結合構造には、レンズの光学的原理から、光ファイバの射出端とレンズ及び受光素子の受光面との関係を高精度に設定する必要があり、そのために結合用モジュールの構造が複雑になって高コストになるという問題もある。このことは光通信システムの汎用性を高める上で大きなネックとなる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】以上のような事情を背景になされたのが本発明で、光ファイバと受光素子との光学的な結合構造について、プラスチック光ファイバのように大きなコア径を持つ光ファイバの場合でも結合損失を小さくできるようにすることを目的とし、またより簡易化を図ることを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的のために本発明では、高反射性の反射面で囲まれた導光路を有する導光体を光ファイバと受光素子との間に介在させ、光ファイバから射出する信号光をこの導光体にて受光素子の受光面まで導光することで光ファイバと受光素子との光学的結合をなすようにしている。

【0009】この結合構造を受光素子の受光面のサイズと光ファイバのコアサイズとが異なる場合に適用する際、例えば500 $\mu$ m程度のコアサイズであるプラスチック光ファイバと例えば受光面が50 $\mu$ m程度の大きさのフォトダイオードとを結合する際には、導光体の導光路を光ファイバ側からフォトダイオードに向けて先細りになる形状、例えば錐体形状乃至テーパ形状あるいは例えば円弧状の湾曲を有して徐々に細くなる形状に形成する。その場合に、太い側の径はプラスチック光ファイバのコア径程度に形成し、細い側の径はフォトダイオードの受光面径程度に形成する。そしてこの導光体を、その小径側がフォトダイオードの受光面に密接乃至近接し、その大径側がプラスチック光ファイバの入射端に密接乃至近接するようにして、フォトダイオードと光ファイバとの間に介在させる。

【0010】このような導光体は、光ファイバから射出してその大径側から入射した光線（信号光）を高反射性の反射面で囲まれた先細り形の導光路における反射の繰り返しで集光的に導光する。そしてこの導光により集光した光線をその小径側から受光素子の受光面に射出する。このためプラスチック光ファイバのようにそのコア径が受光素子の受光径よりも大きいことに影響されることがなく効率的に光線を受光素子に受光させることができ

る。また従来の結合構造におけるレンズのような界面反射による損失要素を解消することができ、このことでも結合効率を高めることができる。

【0011】本発明の結合構造における結合効率は、導光体の内側の高反射性の反射面で囲まれた導光路の実効長により影響を受ける。このことは導光路の実効長が与えられれば導光路の先細り角度つまり導光路の中心軸に対する先細りの傾き角度も自ずと決まることから、導光路の先細り角度により影響を受けると言い換えることができる。このことについて先細り形状がテーバー形状である場合を例にとって具体的に説明すると以下の通りである。導光路のテーバー角度を $\theta_t$ 、導光路の反射面へ入射する光線の光ファイバの光軸に対する角度を $\theta_r$ 、導光路の反射面で反射した後の光線の光ファイバの光軸に対する角度を $\theta_r'$ 、そして反射の回数を $n$ とすると、 $\theta_r' = \theta_r + \theta_t (2n - 1)$ となる。このことから、光ファイバから射出した光線は反射面での反射を繰り返すごとに反射面への入射角度を大きくすることが分かる。そして反射面が鏡面である場合であれば、導光路から射出する前に入射角度が $90^\circ$ を超える場合、また屈折率差を利用した反射面の場合であればその臨界角を超える場合、光線は受光素子の受光面に到達しない。したがって結合効率は、テーバー角度 $\theta_t$ 、つまり導光路の実効長の影響を受けることになる。

【0012】本発明による結合構造は、以上のようにして結合効率の向上を図れるだけでなく、その構造を従来のレンズによる結合に比べ大幅に簡易化することができる。すなわち反射の繰り返しで導光する導光体は、この導光体と光ファイバの射出端や受光素子の受光面との関係に上述したレンズの場合のような高精度なものを必要としない。このため従来のレンズによる結合に比べ結合用モジュールを大幅に簡易化することができる。

【0013】上記のような結合構造における導光体の導光路は、空洞に形成することも可能であり、透明材を充填して形成することも可能である。また導光路における高反射性の反射面は、導光路を囲む内周面を例えば銀やアルミニウムなどによる表面処理で鏡面化して形成するか、または透明材を充填する場合であれば、透明材の屈折率を導光体の屈折率よりも大きくする、つまり屈折率差を利用することで形成する。

【0014】導光路に透明材を充填する場合には、透明材の屈折率をできるだけ光ファイバのコアの屈折率に近づけるのが好ましい。このようにすることで、透明材と光ファイバの入射端との界面における反射を減少させることができる。また透明材には、例えばシリコングルのように適度な柔軟性を有する材料を用いるとさらに好ましい。このシリコングルなどを用いた透明材充填材は、受光素子の受光面に密着させることで受光面の封止にも機能させることができる。

【0015】

【実施の形態】以下、本発明の実施形態を説明する。本発明の第1の実施形態は、コア径が $500\mu\text{m}$ で開口数が0.2のプラスチック光ファイバと受光径が $100\mu\text{m}$ のフォトダイオード形の受光素子とを結合する例に関する。その構造を模式化して示すと図1のようになる。図に見られるように、本実施形態における導光体1は、先細り形としてテーバー形とし、且つ空洞としたタイプで、例えば金属材やプラスチック材を用いてテーバー形の筒状に形成する。またその内部の導光路2を囲む内周面を銀やアルミニウムなどによる表面処理を施すことで鏡面化して高反射性の反射面3とする。導光路2の大径側は光ファイバ4のコア4cの径程度に形成し、導光路2の小径側は受光素子5における受光面の受光径程度に形成する。また導光路2の実効長 $L$ は $4\text{mm}$ となるようにする。この場合のテーバー角度 $\theta_t$ は約 $3^\circ$ になる。

【0016】この導光体1は光ファイバ4と受光素子5に対し密接的に介在させる。つまり導光路2の大径側を光ファイバ4の射出端に密接させ、また導光路2の小径側を受光素子5の受光面に密接させるようにして光ファイバ4と受光素子5との間に介在させる。そのために通常は、受光素子5と導光体1とを一体化させた結合用モジュールを形成し、この結合用モジュールを光ファイバ4に密接的に接合させるようにする。

【0017】このような結合構造における光ファイバ4と受光素子5との光学的結合は以下のようにしてなされる。光ファイバ4から射出した光線（図中に矢印で示す）が導光体1の導光路2に入射する。導光路2では光線が高反射性の反射面3による反射の繰り返しにより集光的に導光され、そしてこの導光により集光した光線が導光路2の小径側から受光素子5の受光面に射出する。

【0018】以上のような導光路を空洞とするタイプにおける結合効率を、コア径が $500\mu\text{m}$ の光ファイバと受光径が $50\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ の各受光素子との結合のそれぞれについて計算した例を図2の図表に示す。なお受光径が $100\mu\text{m}$ の場合が上記実施形態の条件に対応している。これらの計算例から、 $100\mu\text{m}$ 以上の受光径の場合であれば、導光路の実効長を一定以上にすることで、光ファイバから射出する光線の90%以上を受光素子の受光面に導くことが可能であることが分かる。ただ鏡面による反射にはある程度の損失を伴うのを避けられない。つまり反射の回数は少ないほど結合効率を高めることができる。したがって広く用いられている受光素子に多い $100\mu\text{m}$ や $150\mu\text{m}$ の受光径の場合であれば、導光路の実効長は、3～6mm程度が好ましく、特に4～5mm程度が好ましい。

【0019】本発明の第2の実施形態は同じくプラスチック光ファイバとフォトダイオード形の受光素子とを光学的に結合する例で、その構造の概略を図3に示す。本実施形態における導光体11は、その導光路12に透明

材12fを充填し、且つ屈折率差を利用して反射面を形成するタイプである。具体的には導光体11は、例えばプラスチック材で先細りの筒状に形成し、その内部に透明材12fとして例えばシリコーンゲルなどを充填し、プラスチック材とシリコーンゲルの界面を高反射性の反射面13とした構造とする。充填するシリコーンゲルは光ファイバ4のコア4cが持つ屈折率とほぼ同じ屈折率のものをを用いる。このようにすると、透明材12fを光ファイバ4のコア4cに密着させることで、透明材12fと光ファイバ4の射出端面との界面における反射を大幅に減少させることができる。なおこの形態における光ファイバ4と受光素子5との光学的結合は第1の実施形態の場合と同様である。

【0020】

【発明の効果】以上のように本発明によると、光ファイバと受光素子との光学的な結合における結合効率を向上させることができるとともに、構造の簡易化を図ること\*

\*ができ、光通信システムの汎用性、特にプラスチック光ファイバを用いる光通信システムの汎用性を高めるのに大きく寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態による結合構造を模式化して示す断面図。

【図2】結合効率の計算例に関する図表。

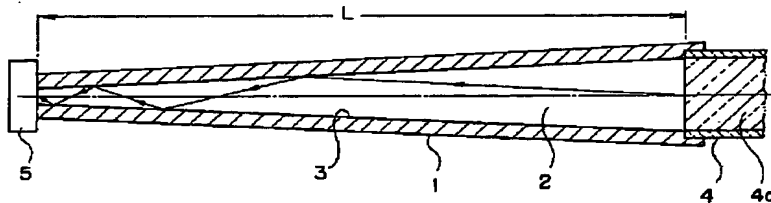
【図3】第2の実施形態による結合構造を模式化して示す断面図。

【図4】従来の結合構造の模式図。

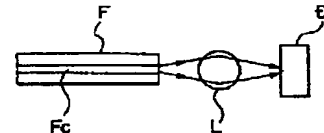
【符号の説明】

- 1 導光体
- 2 導光路
- 3 反射面
- 4 光ファイバ
- 5 受光素子

【図1】



【図4】



【図2】

受光径50μm		受光径100μm		受光径150μm		受光径200μm		受光径300μm	
実効長 (mm)	結合効率 (%)	実効長 (mm)	結合効率 (%)	実効長 (mm)	結合効率 (%)	実効長 (mm)	結合効率 (%)	実効長 (mm)	結合効率 (%)
1.0	22.8	1.0	58.7	0.1	8.2	0.1	18.2	0.1	36.2
2.0	38.9	2.0	80.9	0.2	11.5	0.2	28.6	0.2	89.2
3.0	44.6	3.0	85.9	0.3	27.0	0.3	58.3	0.3	100.0
4.0	45.6	4.0	88.3	0.4	37.3	0.4	74.5		
5.0	46.0	5.0	89.8	0.5	51.1	0.5	91.9		
6.0	45.6	6.0	90.7	0.6	67.1	0.6	97.1		
7.0	46.2	7.0	91.6	0.7	75.6	0.7	99.6		
8.0	46.2	8.0	92.1	0.8	84.1	0.8	100.0		
9.0	45.7			0.9	88.7				
10.0	45.3			1.0	91.2				
11.0	45.4			1.1	93.8				
12.0	45.8			1.2	95.4				
13.0	45.8			1.3	96.5				
14.0	46.2			1.4	97.7				
15.0	46.5			1.5	98.3				
16.0	46.9			1.6	98.9				
17.0	47.2			1.7	99.5				
18.0	47.5			1.8	99.8				
19.0	47.4			1.9	100.0				

【図3】

